

AA

KROUPENKINE 24-15-8
Ser. No. 10/810774
Date Filed 3/26/04



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 27 458 A1 2004.01.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 27 458.4
(22) Anmeldetag: 20.06.2002
(43) Offenlegungstag: 22.01.2004

(51) Int Cl.: **C04B 35/00**
C04B 40/00, C03C 4/00, C03C 10/00,
F16C 33/12, F16C 33/30

(71) Anmelder:
Fauner, Gerhard, Prof. Dr., 82166 Gräfelfing, DE;
Wendker, Hasso, 45657 Recklinghausen, DE

(74) Vertreter:
Kohler Schmid + Partner GbR, 70565 Stuttgart

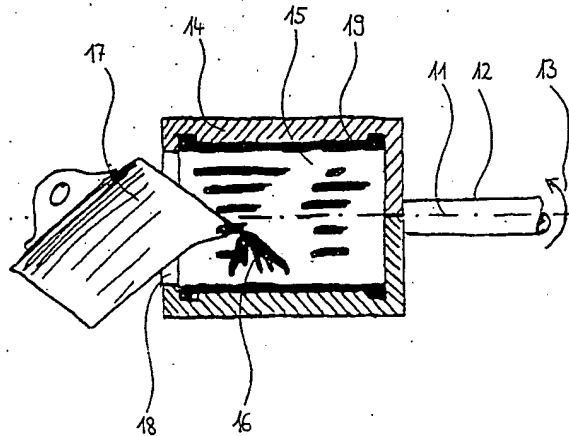
(72) Erfinder:
Fauner, Gerhard, Prof. Dr., 82166 Gräfelfing, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Anorganischer Gleitlagerwerkstoff**

(57) Zusammenfassung: Ein anorganischer Gleitlager-Werkstoff auf der Basis eines oder mehrerer nichtmetallischer, insbesondere mineralischer und/oder oxidischer Grundstoffe, ist dadurch gekennzeichnet, dass dem(n) Grundstoff(en) mindestens 1 Vol% eines oder mehrerer reibungsmindernder Zusatzstoffe (16) beigemischt ist. Damit wird ein preisgünstiger Werkstoff, wie etwa Zement bzw. Beton, bereitgestellt, der einerseits korrosionsbeständig und hochtemperaturfest ist sowie eine hohe Druckfestigkeit und damit Tragfähigkeit aufweist, andererseits für großtechnische Anwendungen, beispielsweise im Maschinenbau-, Hochbau- und Tiefbau-Bereich universell einsetzbar ist und gleichzeitig durch dauerhaft gute Gleiteigenschaften zum Aufbau von Gleitlagern verwendet werden und metallische Gegenlager ersetzen kann.



Beschreibung**Hintergrund der Erfindung**

[0001] Die Erfindung betrifft einen anorganischen Gleitlager-Werkstoff auf der Basis eines oder mehrerer nichtmetallischer, insbesondere mineralischer und/oder oxidischer Grundstoffe.

Stand der Technik

[0002] Ein solcher Gleitlager-Werkstoff ist etwa aus keramischen Köpfen und Gegenlagern von Hüftgelenkprothesen bekannt, siehe etwa den Internet-Beitrag "http://www.sfdrs.ch/sendungen/plus/infoservice/000831_2.html" in der Version vom 17.06.2002.

[0003] Nichtmetallische anorganische Werkstoffe werden in zunehmendem Maße für konstruktive Zwecke im Maschinenbau eingesetzt. Dabei werden die geringen Materialkosten, die geringere Dichte als bei Eisenwerkstoffen, die hohe Korrosionsbeständigkeit (insbesondere Säure- und Laugenbeständigkeit), die Hochtemperaturbeständigkeit (insbesondere Feuerfestigkeit und Hochtemperaturfestigkeit), die schwingungsdämpfenden Eigenschaften sowie der geringe Wartungsaufwand geschätzt. Nachteilig sind allerdings die spröden Eigenschaften von nichtmetallischen anorganischen Werkstoffen.

[0004] Die wichtigsten nichtmetallischen anorganischen Werkstoffe sind Keramiken, Betone und Gläser. Vor allem moderne Hochleistungskeramiken zeichnen sich durch hohe Verschleiß- und Kriechfestigkeit aus.

[0005] Nichtmetallische anorganische Materialien ersetzen oft Metallfundamente, metallische Maschinengehäuse und Getriebeteile, aber auch metallische Behälter-, Brennkammer- und Ofenbauwerkstoffe. Aus Hochleistungskeramiken hergestellte Motoren zeigen bessere Wirkungsgrade als Motoren aus metallischen Bauelementen. Im Fassadenbau sowie im Wasser- und Brückenbau werden schon lange Beton- und Keramik-Elemente eingesetzt.

[0006] Bei vielen dieser Anwendungen wird eine Beweglichkeit der Bauteile für Einstell-, Öffnungs-Schließ- und Montagevorgänge verlangt. Dies ist insbesondere für Schleusentore im Wasserbau oder hitzefeste Auskleidungen, Behälter und Türen in Heizanlagen, Schutzräumen und Industrieöfen der Fall.

[0007] Dabei ist die hohe Reibzahl zwischen Keramik, Beton, Porzellan und Glas einerseits und dem Gegenmaterial andererseits, das entweder ebenfalls ein nichtmetallischer anorganischer Werkstoff oder aber ein Metall sein kann, problematisch.

[0008] Hohe Reibung erzeugt Energieverlust, denn Transportvorgänge müssen gegen eine Reibungskraft vorgenommen werden. Andererseits trägt hohe Reibung auch zu hohem Verschleiß und Materialabtrag bei.

[0009] Deshalb werden bei derartigen Anwendungen trotz der oben geschilderten Nachteile im Be-

reich gleitender Flächen nach wie vor metallische Lagerelemente eingesetzt. Falls keine besonders hohe Temperaturfestigkeit erforderlich ist und eine (bei metallischen Werkstoffen meist mangelhafte) höhere Korrosionsbeständigkeit gewünscht wird, finden auch Kunststoffe (beispielsweise Teflon®) als Gleitlager Verwendung. Allerdings müssen hier wiederum eine teilweise erheblich geringere mechanische Festigkeit und Tragfähigkeit sowie ein erhöhter Abrieb im Betrieb in Kauf genommen werden. Außerdem neigen praktisch alle Kunststoffe über längere Zeiträume zur Alterung sowie zur Kriechverformung schon bei relativ niedrigen Temperaturen.

Aufgabenstellung

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es demgegenüber, einen preisgünstigen, nichtmetallischen anorganischen Werkstoff, wie etwa Zement bzw. Beton bereitzustellen, der einerseits korrosionsbeständig und hochtemperaturfest ist sowie eine hohe Druckfestigkeit und damit Tragfähigkeit aufweist, andererseits für großtechnische Anwendungen, beispielsweise im Maschinenbau-, Hochbau- und Tiefbau-Bereich universell einsetzbar ist und gleichzeitig durch dauerhaft gute Gleiteigenschaften zum Aufbau von Gleitlagern verwendet werden und metallische Gegenlager ersetzen kann.

Vorteile der Erfindung

[0011] Diese komplexe Aufgabe wird erfindungsgemäß auf überraschend einfache und wirkungsvolle Weise durch einen anorganischen Werkstoff der eingangs vorgestellten Art auf der Basis eines oder mehrerer nichtmetallischer Grundstoffe gelöst, wobei dem(n) Grundstoff(en) mindestens 1 Vol% eines oder mehrerer reibungsmindernder Zusatzstoffe beige-mischt ist.

[0012] Der reibungsmindernde Zusatzstoff besitzt eine schmierende Wirkung, d.h. er ist leicht verformbar und weist eine gute Haftung zur Oberfläche des Grundstoffes oder der Grundstoffe auf. Bei einem gegenseitigen Verschieben von zwei Bauteilen, zwischen denen eine Schmierstoffschicht aufgebracht ist, genügt es, einige Schichten des Schmiermaterials zu verformen, was sehr viel leichter ist als die in der Regel rauhen und festen Oberflächen der Bauteile unter plastischer Verformung und/oder Bruchverformung (Rissausbreitung und partieller Materialablösung) gegeneinander gleiten zu lassen.

[0013] Im einfachsten Fall enthält die Matrix des Grundstoffes Einschlüsse des reibungsmindernden Zusatzstoffes, wobei durch Materialabrieb an der Oberfläche des Gleitlagerwerkstoffes immer wieder neue Einschlüsse freigelegt werden, die die Oberfläche des Gleitlagerwerkstoffes schmieren. Dadurch tritt eine selbstschmierende Wirkung ein, die auch Notlaufeigenschaften sicherstellt. Schmiermittel wird in Abhängigkeit von der Beanspruchung (nämlich

dem Materialabtrag) neu zugeführt, ohne dass eine Wartungsarbeit notwendig ist. Die hohe mechanische Festigkeit und Tragfähigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Unempfindlichkeit der Grundstoff-Matrix gegen hohe Temperaturen bleiben durch die erfindungsgemäße Beimischung von reibungsmindernden Zusatzstoffen aber gleichwohl erhalten.

[0014] Das Prinzip des Zusatzes von schmierenden Partikeln zu metallischen Werkstoffen ist an sich beispielsweise aus dem Artikel "Dauerschwingfestigkeit heißgepresster Lager-Bronzen mit Graphitzusätzen" von G. Faunen, erschienen in "Konstruktion Elemente Methoden", Heft 8/9, 1971, Konradin-Verlag, beschrieben. In dem Artikel werden Lager-Bronzen mit Graphitzusätzen von 0 bis 36 Vol% vorgestellt.

[0015] Durch den erfindungsgemäßen nichtmetallischen, anorganischen Gleitlagerwerkstoff ist es möglich, die Reibungszahl zwischen Beton und Stahl von ca. 1 auf deutlich unter 1, etwa 0,3 und weniger, zu senken, indem erfindungsgemäß Zusatzstoff in den Beton eingelagert wird. Zur Verschiebung von beweglichen Teilen, deren Auflage- oder Kontaktflächen erfindungsgemäß selbstschmierend sind, sind infolge dessen weitaus geringere Kräfte ausreichend, so dass oftmals leichtere Konstruktionen (mit geringeren absoluten Festigkeiten) eingesetzt werden können. Dadurch wird eine Materialeinsparung erreicht, aber auch eine Verringerung des Energieaufwands bei der Betätigung der beweglichen Teile. Aufgrund der geringeren Reibung ist auch der Betrieb abnutzungsärmerer:

[0016] Durch gezielte Auswahl der Zusatzstoffe kann die Wärmeleitfähigkeit im Bereich der Reibflächen, aber auch im anschließenden Material (d.h. im Gleitlager-Werkstoff) erheblich verbessert werden. Auf diese Weise werden lokale Temperaturspitzen aufgrund von Reibungswärme abgebaut und damit die Lebensdauer der Reibpartner erhöht.

[0017] Aufgrund der erleichterten Verschiebbarkeit gegeneinander, dem leichteren Ineinanderfügen und damit leichteren Montage- und Demontageprozessen wird eine präzisere Fertigung insbesondere von Fein- und Hochleistungskeramik-Bauteilen sinnvoll. Die erreichbare bessere Passung erhöht bei vielen Anwendungen den Wirkungsgrad, beispielsweise bei der Dichtwirkung von Ofentüren.

[0018] Die erfindungsgemäßen anorganischen nichtmetallischen Gleitlagerwerkstoffe sind den selbstschmierenden metallischen Gleitlagerwerkstoffen (z. B. Bronzen, vgl. G. Faunen, aaO) insoweit überlegen, als dass eine sehr viel bessere (Hoch-)Temperaturbeständigkeit bis 1000°C und darüber erreicht werden kann. Während metallische Lagerwerkstoffe bei diesen Temperaturen schon erweichen oder gar schmelzen oder aber unerwünschte Gefügeumwandlungen (etwa Rekristallisation) zeigen, bleiben zahlreiche anorganische nichtmetallische Werkstoffe weitgehend unverändert fest. In Kombination mit hochtemperaturbeständigen Zusatzstoffen als Schmiermittel, etwa Graphit oder

MoS₂, wird die hohe Einsatztemperatur erreichbar.

[0019] Eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoffs ist dadurch gekennzeichnet, dass der Zusatzstoff eine mittlere Korngröße $\leq 100 \mu\text{m}$ aufweist, vorzugsweise überwiegend in Form nanofeiner Partikel vorliegt. Die nanofeine Struktur des Zusatzstoffs vermindert die Oberflächenrauigkeit und erleichtert eine auch lokal gleichmäßige Verteilung des Zusatzstoffes (Schmiermittels). Durch eine feine Struktur des Zusatzstoffes wird auch ein Ausbröckeln oder ein Auswaschen des selbigen aus der Grundstoffmatrix verhindert. Wenn in Übereinstimmung mit der Erfindung der Grundstoff oder die Grundstoffe in Form ähnlich feiner Partikel wie der Zusatzstoff vorliegen, kann eine erhöhte Bruchspannung des Gesamtwerkstoffs nach dem kritischen Fehlergesetz von Griffith erreicht werden. Außerdem wird durch eine feine Verteilung der Zusatzstoffe die Wärmeleitfähigkeit über die Zusatzstoffe stärker erhöht als bei größeren Ansammlungen.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform des Gleitlager-Werkstoffs weist der Zusatzstoff eine höhere Wärmeleitfähigkeit als der Grundstoff auf. Dadurch wird die Wärmeabfuhr von der Reibfläche in das Volumen des Gleitlagerwerkstoffs oder auch des Gegenmaterials verbessert. Auch steigt die Wärmeleitfähigkeit des Gesamtwerkstoffs. Temperaturspitzen an der Reibfläche werden vermindert und die Lebensdauer der Reibpartner erhöht.

[0021] Besonders gut wärmeleitfähige Zusatzstoffe sind insbesondere Graphit und metallische Stoffe.

[0022] In einer ganz besonders bevorzugten Ausführungsform weist der Zusatzstoff Graphit und/oder MoS₂ und/oder Sn und/oder Pb und/oder Bronze und/oder Weißmetall-Legierungspartikel auf. Graphit und Molybdädisulfid sind leicht zu handhabende, hochtemperaturfeste (stabil bis über 1000°C) Schmiermittel. Graphit ist zudem umweltfreundlich und preisgünstig. Zinn, Blei, Bronze und Weißmetall-Legierungspartikel sind leicht verfügbar, billig und insbesondere zum Schmieren von Gegenmaterialien aus Metall aufgrund guter Adhäsion gut geeignet.

[0023] Noch preisgünstiger als Metalle und in der Schmierwirkung hoch effizient sind Weichschmierstoffe, d.h. organische und anorganische Fette und Öle. Daher wird eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoff, bei der der Zusatzstoff organische und/oder anorganische Fette und/oder Öle enthält, besonders bevorzugt.

[0024] Alle Zusatzstoffe können grundsätzlich als Einschlüsse in einer Grundstoff-Matrix oder auch als Grenzflächenphase, etwa an Korngrenzen, vorliegen. Flüssige Zusatzstoffe wie Öle werden bevorzugt tropfenförmig in kleinen Hohlräumen im Grundstoff des erfindungsgemäßen anorganischen, nichtmetallischen Gleitlagerwerkstoffs eingeschlossen und durch Materialabtrag freigesetzt.

[0025] Besonders vorteilhaft ist weiterhin eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoffs, bei dem der Grundstoff Zement, Be-

ton, nitridische Keramik, Oxidkeramik, Porzellan, Glas und/oder Glaskeramik aufweist. Zement bzw. Beton sind preiswerte Werkstoffe, die ohne eine Temperaturbehandlung die Herstellung von Bauteilen in nahezu beliebiger Form ermöglichen. Oxidkeramiken, insbesondere Al_2O_3 , SiO_2 , Kaolinit, Mullit, MgO und ZrO_2 , sind besonders feuerfest und können weitgehend aus preisgünstigen natürlichen Rohstoffen hergestellt werden. Nitridkeramiken, insbesondere Si_3N_4 , AlN und BN besitzen jeweils ein eigenes Eigenschaftsspektrum, etwa gute Thermoschockbeständigkeit und Risszähigkeit im Falle von Siliziumnitrid oder gute Wärmeleitfähigkeit im Fall von Aluminiumnitrid. Glaswerkstoffe werden insbesondere aufgrund ihrer Transparenz geschätzt, durch welche etwaige Defekte im Material wie Risse oder Sprünge mit bloßem Auge erkannt werden können.

[0026] Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform des Gleitlager-Werkstoffs, bei der der Grundstoff zumindest zu 10 Vol%, vorzugsweise zumindest zu 50 Vol% in Form nanofeiner Partikel vorliegt, insbesondere nahezu vollständig aus nanofeinen Komponenten aufgebaut ist. Ein nanofeines Gefüge erhöht insbesondere die Sinteraktivität des Grundstoffs, d.h. die Sintertemperatur kann gesenkt und/oder die Auslagerungsdauer kann verkürzt werden, um die gleiche Verdichtung oder Gefügeänderung zu erhalten. Wenn das gesamte Gefüge unter Vermeidung von groben Gefügestrukturen (wie Poren oder Einschlüssen) nanofein gehalten werden kann, so tritt eine deutliche Steigerung der Bruchspannung gemäß dem Griffith'schen Fehlergesetz ein ($\sigma_{br} \sim c^{-1/2}$, mit σ_{br} : Bruchspannung und c : kritische Fehlergröße – idealer Weise die Korngröße des Grundstoffs).

[0027] Eine andere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoffs sieht vor, dass der Grundstoff anorganische Bindemittel und/oder Klebstoffe, insbesondere Silikate, Aluminiumoxide, Magnesiumoxide, Phosphate oder Klebstoffe auf Zirkon-Basis umfasst. Dadurch wird die Verschleißfestigkeit des Gleitlager-Werkstoffes erhöht und er kann zugleich als Klebstoff eingesetzt werden, beispielsweise als klebende Gleitbeschichtung.

[0028] In den Rahmen der vorliegenden Erfindung fällt auch ein Brückenlager, das zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen, oben dargestellten Gleitlager-Werkstoff besteht.

[0029] Erfindungsgemäß ist weiterhin ein Wehr- oder Schleusentor, das zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoff besteht.

[0030] Ebenfalls erfindungsgemäß ist eine Turbineneinlassschaukel, die zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoff besteht.

[0031] Die Erfindung umfasst weiterhin einen Keramik-Gleitsitz für die Montage und/oder das Abziehen von Teilen eines Keramikmotors, der zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitla-

ger-Werkstoff besteht.

[0032] Ebenso zur Erfindung gehörig ist eine Maschine, insbesondere ein Maschinenfundament, die zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoff besteht.

[0033] Zur Erfindung gehörig ist weiterhin ein Keramik-Kolbenring für einem Zylinder, wobei der Keramik-Kolbenring zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoff besteht.

[0034] Die Erfindung manifestiert sich auch in einem auswechselbaren Teil eines Ofens, insbesondere Ofenauskleidung oder Ofentür, wobei das auswechselbare Teil zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoff besteht.

[0035] Erfindungsgemäß ist darüber hinaus ein Zahnrad für ein Keramikgetriebe, das zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoff besteht.

[0036] Zur Erfindung gehörig ist weiterhin eine Gleitlagerschale, die zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoff besteht.

[0037] Ebenfalls erfindungsgemäß ist ein Wälzlagerrelement, das zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitlager-Werkstoff besteht.

[0038] All diese Bauteile, die zumindest teilweise aus einem erfindungsgemäßen Gleitlagerwerkstoff bestehen, werden bestimmungsgemäß gegen ein anderes Material gleitend verschoben, so dass Reibungseffekte die Betätigung oder den Gebrauch negativ beeinflussen bzw. stören. Durch die erfindungsgemäße Materialwahl können diese negativen Einflüsse, wie Materialverschleiß, Abrieb, aber auch Verformungen und Rissbildung bei erhöhtem Krafteintrag verringert werden, so dass die Vorteile der Erfindung bei diesen Bauteilen besonders gut zur Geltung kommen.

[0039] In den Rahmen der vorliegenden Erfindung fällt auch ein Verfahren zur Herstellung eines oben dargestellten anorganischen Gleitlager-Werkstoffes, wobei der (die) Zusatzstoff(e) dem (den) Grundstoff(en) in einem Schleuder- bzw. Rotationsgussverfahren beigemischt wird (werden). Durch diese Technik können Zusatzstoff(e) und Grundstoff(e) leicht gemischt werden, wobei der Gesamtwerkstoff eine näherungsweise rotationssymmetrische Form einnimmt. Dadurch ist diese Technik auch besonders zur Herstellung von näherungsweise zylinderförmigen oder hohlzylinderförmigen Bauteilen geeignet, da Materialbearbeitungsschritte eingespart oder vereinfacht werden können. Dieses Verfahren gestattet eine gezielte Strukturierung des Gleitlager-Werkstoffes, insbesondere durch die Einstellung radialer Dichtegradienten.

[0040] Eine andere erfindungsgemäße Verfahrensvariante zur Herstellung eines oben dargestellten anorganischen Gleitlager-Werkstoffes ist dadurch gekennzeichnet, dass der (die) Zusatzstoff(e) dem (den) Grundstoff(en) in einem Injektionsverfahren mittels mehrerer Düsen beigemischt wird (werden).

[0041] Dadurch kann ein definierter, gleichmäßiger

Eintrag von Zusatzstoff, insbesondere Festschmierstoff wie Graphit, in den Grundstoff (oder die Grundstoffe) erreicht werden. Voraussetzung dabei ist eine zähflüssige oder weiche Form des Grundstoffs, etwa als keramischer Schlicker oder ein Beton vor der Aushärtung. Hierbei kann grundsätzlich auch formnah gearbeitet werden, d.h. der Grundstoff kann schon weitgehend in der Form des herzustellenden Bauteils vorliegen. Auch dieses Verfahren gestattet eine gezielte Strukturierung des Gleitlagerwerkstoffs. Insbesondere können leicht mehrere Zusatzstoffe nacheinander und unabhängig voneinander verarbeitet werden.

[0042] Schließlich gehört auch noch zur Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines oben dargestellten anorganischen Gleitlager-Werkstoffes, bei dem eine Beimischung zumindest eines Zusatzstoffes zu dem (den) Grundstoff(en) in einem evakuierten Gefäß erfolgt. Dadurch kann ein Agglomerieren des Zusatzstoffes vor dem Eintrag in den Grundstoff oder die Grundstoffe weitgehend vermieden werden.

[0043] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Ausführungsbeispiel

[0044] Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0045] **Fig. 1:** einen schematischen Aufbau zur erfindungsgemäßen Herstellung einer Lagerschale durch ein Schleuder- bzw. Rotationsgussverfahren; und

[0046] **Fig. 2:** einen schematischen Aufbau zur erfindungsgemäßen Herstellung einer Gleitlagerplatte durch ein Injektionsverfahren.

[0047] **Fig. 1** stellt einen schematischen Aufbau für ein erfindungsgemäßes Schleuder- bzw. Rotationsgussverfahren dar. Auf einer Rotationsachse 11 ist eine Welle 12 angeordnet, die in Pfeilrichtung 13 drehbar gelagert ist. Die Welle 12 ist mit einem näherungsweise hohlzylindrischen Formkörper 14 an einer Deckelfläche des Formkörpers 14 starr verbunden. Durch eine Rotation der Welle 12 wird somit der Formkörper 14 mitrotiert.

[0048] Im Inneren des Formkörpers 14 befindet sich Rohstoff 15, bestehend aus einem oder mehreren Grundstoffen und eventuellen Hilfsstoffen, etwa Bindemitteln oder Stoffen, die eine ausreichende Fließfähigkeit des Rohstoffs 15 sicherstellen.

[0049] Vor und/oder während einer Rotation des Formkörpers 14 wird der Rohstoff 15 in den Formkörper

gefüllt. Gleichzeitig mit dem Rohstoff 15 oder aber nach dem Rohstoff 15 wird auch ein Zusatzstoff 16 (oder ein Gemisch von Zusatzstoffen oder ein Gemisch von Zusatz- und Hilfsstoffen) in den Formkörper 14 gefüllt. Dazu wird der Inhalt eines Behälters 17 durch eine Öffnung 18 des Formkörpers 14 gegossen oder geschüttet.

[0050] Durch die Rotation des Formkörpers 14 erfahren der Rohstoff 15 und der Zusatzstoff 16 eine Zentrifugalkraft, die den Rohstoff 15 und den Zusatzstoff 16 gegen die Innenwand des Formkörpers 14 presst. Dadurch entsteht ein Belag 19 an der Innenwand des Formkörpers 14, der nach einer Verfestigung, etwa durch Abbinden, Trocknen oder Sintern, letztlich das eigentliche Bauteil – hier eine Lagerschale – ergibt.

[0051] Wird der Zusatzstoff 16 gleichzeitig mit dem Rohstoff 15 in den Formkörper 14 gegossen, so vermischen sich beide Stoffe relativ gleichmäßig während der Rotation, und auch im fertigen Bauteil ist die Verteilung von Grund- und Zusatzstoff näherungsweise homogen. Erfolgt die Zuführung des Zusatzstoffes 16 nach der Zuführung des Rohstoffs 15, also nachdem sich bereits ein erster Belag 19 aus Rohstoff 15 an der Innenwand des Formkörpers 14 gebildet hat, so ist im fertigen Bauteil Zusatzstoff 16 zur Innenwand des Bauteils hin angereichert. Durch Einstellung der zeitlichen Mengenverhältnisse von Rohstoff 15 und Zusatzstoff 16 kann ein radialer Gradient der Zusatzstoffkonzentration im fertigen Bauteil erzeugt werden.

[0052] **Fig. 2** zeigt einen schematischen Aufbau zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Injektionsverfahrens zur Herstellung eines nichtmetallischen, anorganischen Gleitlagerwerkstoffes mit erfindungsgemäßer Selbstschmierwirkung.

[0053] Eine Verteilerplatte 21 weist an ihrer Unterseite zahlreiche Düsen 22 auf. Die Düsen 22 sind über nicht eingezeichnete Kanäle mit einem Schlauch 23 verbunden, durch den Zusatzstoff, insbesondere Festschmierstoff-Partikel oder eine Schmierstoffpartikel-Suspension, in und durch die Düsen 22 gespritzt werden kann.

[0054] Erfindungsgemäß wird die Verteilerplatte 21 in Pfeilrichtung 24 auf bzw. in ein weiches Gleitlagerteil 25 abgesenkt, so dass die Düsen 22 in das Gleitlagerteil 25 hineinragen. Das Material des Gleitlagerteils 25 besteht aus einem oder mehreren Grundstoffen sowie gegebenenfalls weiteren Hilfsstoffen und ist zumindest begrenzt fließfähig. Sodann wird der Zusatzstoff durch die Düsen 22 in das Gleitlagerteil 25 injiziert. Nach einer Aushärtung des Gleitlagerteils 25 kann dieses als Gleitlagerplatte mit den erfindungsgemäßen Vorteilen verwendet werden.

[0055] Die Zusatzstoffverteilung im Gleitlagerteil 25 bzw. der fertigen Gleitlagerplatte kann zum einen über die Geometrie der Düsen 22, insbesondere deren vertikale Verteilung (Längsverteilung der Düsen 22) eingestellt werden. Auch ist ein Absenken oder Anheben der Verteilerplatte 21 während des Injizierens

rens denkbar, wodurch eine vertikale Verteilung des Zusatzstoffes, insbesondere von Festschmierstoff-Partikeln erreicht wird. Das Injektionsverfahren ist besonders gut dazu geeignet, Schmierstoffpartikel oberflächennah in einen Rohstoff einzubringen. [0056] Das erfindungsgemäße Injektionsverfahren ist auch sehr gut dazu geeignet, verschiedene Zusatzstoffe unabhängig voneinander nacheinander in das Gleitlagerteil 25 einzubringen.

Patentansprüche

1. Anorganischer Gleitlager-Werkstoff auf der Basis eines oder mehrerer nichtmetallischer, insbesondere mineralischer und/oder oxidischer Grundstoffe, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem(n) Grundstoff(en) mindestens 1 Vol% eines oder mehrerer reibungsmindernder Zusatzstoffe (16) beige-mischt ist.

2. Gleitlager-Werkstoff nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzstoff (16) eine mittlere Korngröße 5 100 µm aufweist, vorzugsweise überwiegend in Form nanofeiner Partikel vorliegt.

3. Gleitlager-Werkstoff nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzstoff (16) eine höhere Wärmeleitfähigkeit als der Grundstoff aufweist.

4. Gleitlager-Werkstoff nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzstoff (16) Graphit und/oder MoS₂ und/oder Sn und/oder Pb und/oder Bronze und/oder Weißmetall-Legierungspartikel aufweist.

5. Gleitlager-Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zusatzstoff (16) organische und/oder anorganische Fette und/oder Öle enthält.

6. Gleitlager-Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grundstoff Zement, Beton, nitridische Keramik, Oxidkeramik, Porzellan, Glas und/oder Glaskeramik aufweist.

7. Gleitlager-Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grundstoff zumindest zu 10 Vol%, vorzugsweise zumindest zu 50 Vol% in Form nanofeiner Partikel vorliegt, insbesondere nahezu vollständig aus nanofeinen Komponenten aufgebaut ist.

8. Gleitlager-Werkstoff nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Grundstoff anorganische Bindemittel und/oder Klebstoffe, insbesondere Silikate, Aluminiumoxide, Magnesiumoxide, Phosphate oder Klebstoffe auf Zirkon-Basis umfasst.

9. Brückenlager, **dadurch gekennzeichnet**, dass es zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

10. Wehr- oder Schleusentor, **dadurch gekennzeichnet**, dass es zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

11. Turbineneinlassschaufel, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

12. Keramik-Gleitsitz für die Montage und/oder das Abziehen von Bauelementen eines Keramikmotors, **dadurch gekennzeichnet**, dass er zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

13. Maschine, insbesondere Maschinenfundament, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

14. Keramik-Kolbenring für einen Zylinder, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Keramik-Kolbenring zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

15. Auswechselbares Teil eines Ofens, insbesondere Ofenauskleidung oder Ofentür, **dadurch gekennzeichnet**, dass es zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

16. Zahnrad für ein Keramikgetriebe, **dadurch gekennzeichnet**, dass es zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

17. Gleitlagerschale, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

18. Wälzlagerelement, **dadurch gekennzeichnet**, dass es zumindest teilweise aus einem Gleitlager-Werkstoff nach einem der Ansprüche 1 bis 8 besteht.

19. Verfahren zur Herstellung eines anorganischen Gleitlager-Werkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der (die) Zusatzstoff(e) (16) dem (den) Grundstoff(en) in einem Schleuder- bzw. Rotationsgussverfahren beigemischt wird (werden).

20. Verfahren zur Herstellung eines anorganischen Gleitlager-Werkstoffes nach einem der An-

sprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der (die) Zusatzstoff(e) (16) dem (den) Grundstoff(en) in einem Injektionsverfahren mittels mehrerer Düsen (22) beigemischt wird (werden).

21. Verfahren zur Herstellung eines anorganischen Gleitlager-Werkstoffes nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Beimischung zumindest eines Zusatzstoffes (16) zu dem (den) Grundstoff(en) in einem evakuierten Gefäß erfolgt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

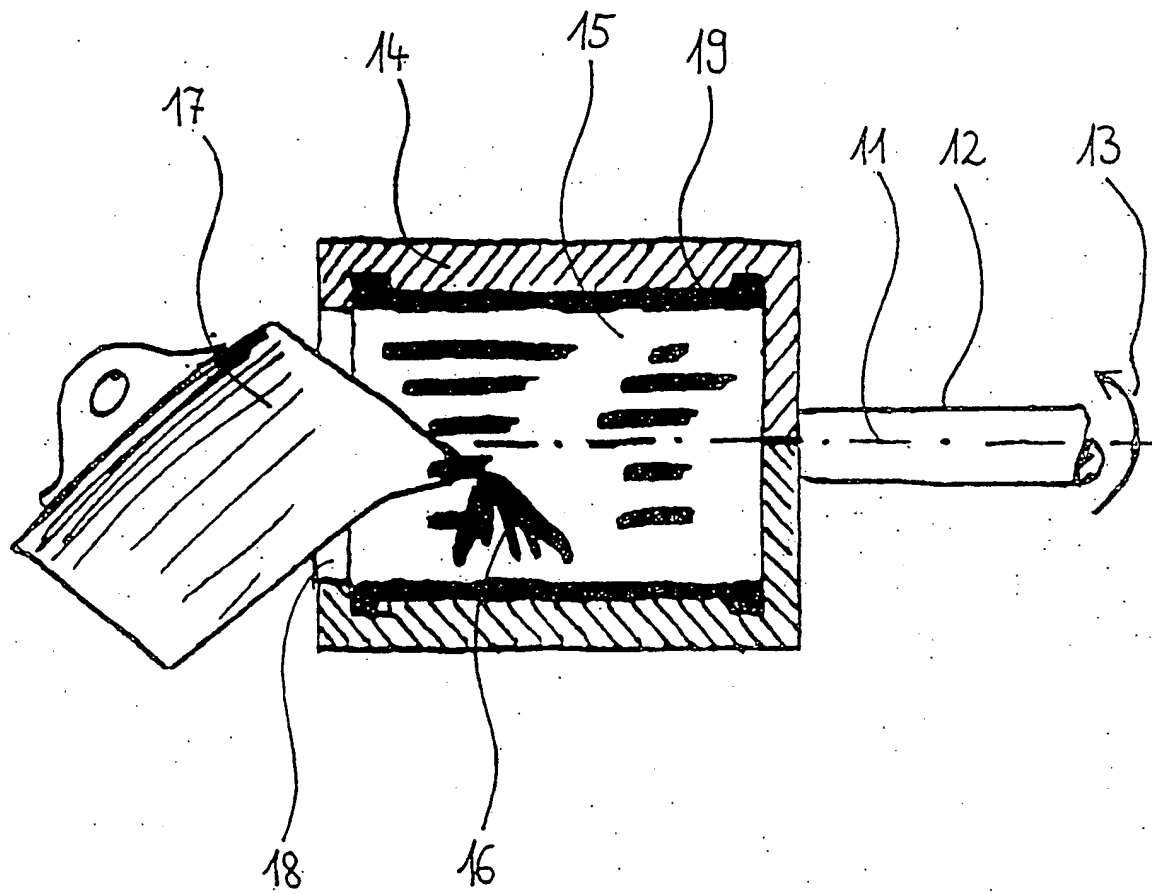


Fig. 1

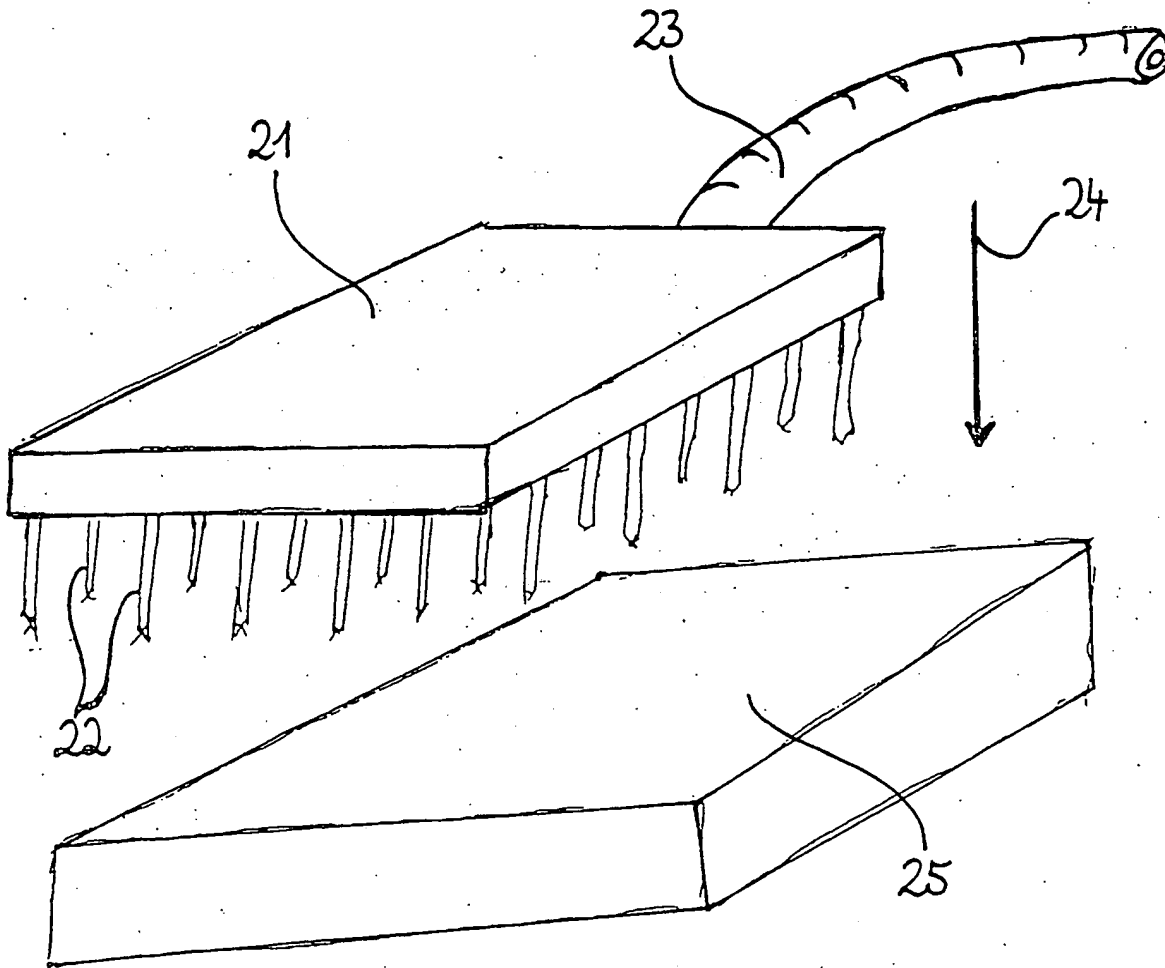


Fig. 2